

Talgenese im Quartär – eine Standortbestimmung

Abstract:

State-of-the-art knowledge of valley-forming processes in the Alps and the southern and, especially, the northern foreland is presented. Based on the stratigraphy of the Quaternary infill of formerly broadly and deeply excavated valley-systems, it is concluded that the main erosion predates the "Rissian" of the classical nomenclature by at least one glacial cycle. A comparison in landscape evolution of the Cover-Gravel-Area in eastern Switzerland with the central and western foreland points to active tectonic adjustments during the Quaternary. Also, the sedimentation in the deeply eroded ("overdeepened") valleys of the Foreland and the Alpine Border was initiated, most probably, by the "Middle Pleistocene change in geomorphological evolution" (= "Mittelpleistozäne Wende").

Key words:

Quaternary Geology – Stratigraphy and Neotectonics – Alps – Foreland

1. Einleitung

Die Frage nach den Vorgängen, die bei der Bildung der Täler im Bereiche von Alpen und nördlichem und südlichem Vorland wesentlich gewesen sind, gehört zum zentralen Problemkreis in der Quartärgeologie, und die Beantwortung dieser landschafts-genetischen Frage berührt naturgemäß ein breites Spektrum von verschiedenen Abläufen und Faktoren: (a) die spätmolassische Paläogeographie und Tektonik, (b) den lithologischen Aufbau von Alpenkörper und Vorland, (c) die Vorgänge der Eiszeiten und (d) die neotektonischen Bewegungen. So deutlich die komplizierten Wechselwirkungen der genannten Faktoren aufgrund heute zur Verfügung stehender Daten abgeleitet werden können, so unbefriedigend ist aber immer noch die wirkliche Differenzierung nach den einzelnen Komponenten.

Im folgenden wird eine Standortbestimmung der talgenetischen Forschungen versucht, wobei einzelne Aspekte infolge besserer Daten mehr Gewichtung erfahren. Auch muß einleitend eingestanden werden, daß die Fragen nicht abschließend beantwortet werden können, daß also die Diskussion der Talbildung – was sowohl die zeitlichen Dimensionen

als auch die physikalischen Vorgänge anbelangt – noch offene Fragen enthält. Grundsätzlich muß unterschieden werden zwischen einer primären Talanlage und -ausbildung und einer möglichen späteren morphologischen Überprägung; es handelt sich also um mehrphasige und vor allem multifazielle Ereignisse. Ein weiterer Aspekt, der bei der Diskussion unseres Themas beachtet werden muß, ist die Relativität der Beobachtungen: Wir können feststellen, welche erosiven Bezugsniveaus bei der heutigen Talbildung für ein bestimmtes Untersuchungsgebiet spielen; und wir gehen dann oft von einer einfachen Übertragung dieser Verhältnisse in die Vergangenheit aus. Aber bereits die Wechselhaftigkeit in der spät- und postglazialen Flußgeschichte im Seeland als «junges Beispiel» (WOHLFARTH 1986) oder die Verhältnisse während der Deckenschotterbildung in der zentralen Nordschweiz als «älteres Beispiel» zeigen, daß die talgenetische Dynamik, vor allem im nördlichen Alpenvorland, viel wechselvoller war, als oft angenommen worden ist.

Eine talgenetische Betrachtung im Zusammenhang mit einer Standortbestimmung in der Eiszeitenforschung zielt natürlich darauf ab, die Bedeutung der eiszeitlichen Vorgänge auf die Talbildung besonders hervorzuheben.

2. Forschungsgeschichtlicher Rückblick

Talgenetische Fragen sind im letzten Jahrhundert zu einem lebhaft diskutierten Forschungsgebiet geworden, nachdem für die Bildung der Lockergesteine im Mittelland die Sintflut- von der Eiszeittheorie abgelöst worden ist. Denn nun konnte die Ausräumung der Täler nicht mehr allein dem fluviatilen Milieu zugeschrieben werden, sondern verlangte nach einer Unterscheidung in fluviatile und glazigene Komponenten (RÜTIMEYER 1869). Zentraler Punkt in dieser Diskussion war die Frage nach dem Ursprung der Alpenrandseen: Wie könnte denn erklärt

Christian Schlüchter, Dr., ETH-Hönggerberg, Ingenieurgeologie, CH-8093 Zürich

werden, wenn ausschließlich fluviatile Erosion und Akkumulation am Werke wären, daß bestimmte Talabschnitte, und zwar in allen Haupttälern annähernd in der gleichen Position, bezogen auf den Alpenrand, offengeblieben wären? Die glazigene Komponente bei der Tal- und Seebildung mußte also offenbar bedeutend gewesen sein, sowohl erosiv und als auch akkumulativ. Die Hauptfrage in diesen Diskussionen war aber vor allem jene nach dem Agens der Tiefenerosion. Der diesbezügliche Gelehrtenstreit gipfelte in Professor Heims Verkündung *ex cathedra* (1919): «Mit Butter hobelt man nicht»; danach wäre die Tiefenwirkung der Glazialerosion zu vernachlässigen, die Tiefenerosion der Täler wäre rein fluviatil zu erklären und die Alpenrandseen füllten tektonisch rückgesenkte (= «dislozierte», GOGARTEN 1910) Talabschnitte. – Mit dem Unglück am Lötschberg ist dann aber gezeigt worden, daß auch in heute aufgefüllten Talabschnitten tiefererodierte (= übertiefte) Bereiche vorhanden sind (Schweiz. Bauzeitung 1908, SCHLÜCHTER 1983). Fluviatile Kolkwirkung ist in solchen Dimensionen – wie sie im Gasterntal nun nachgewiesen sind – auszuschließen, so daß glazigene Tiefenerosion anzunehmen ist. Heute ist aus vielen geotechnischen und hydrogeologischen Untersuchungen bekannt, daß sowohl im Mittelland als auch im Alpeninnern – außerhalb der Alpenrandseen – bedeutend übertiefte Talabschnitte bestehen. Ihre glazialmorphologische Entstehung wird angenommen und ist wahrscheinlich, doch in kaum einem Falle auch bewiesen (vgl. «Eiszeitalter und Gegenwart», Bd. 29, 1979). Wichtig, aber noch kaum realisierbar, wäre eine detaillierte Darstellung der genauen räumlichen Ausdehnung der bekannten Übertiefungen (SCHLÜCHTER 1979, WILDI 1984).

Im nördlichen Alpenvorland sind Übertiefungsbeträge von 300 m nachgewiesen; dieser Betrag verdoppelt sich größenordnungsmäßig im Bereiche der nördlichen Alpenrandseen, wo Rinnen oder Becken unter NN nachgewiesen sind (FINCKH 1976). Und eine nochmalige Verdoppelung der Übertiefungsbeträge ergibt sich für die insubrischen Seebecken oder -rinnen (FINCKH 1976, 1978, SCHLÜCHTER 1979).

Auffallend ist bei einer gesamtalpinen Betrachtung, daß die maximalen Übertiefungen in den Alpenkörper hineinreichen: Das Genferseebecken hat eine Fortsetzung ins Unterwallis, das Aaretal zeigt maximale Übertiefung im Brienersee, und analog dazu ist die Ausräumung im Walensee bedeutender als im Zürichsee. Auf der Alpensüdseite setzen die großen Übertiefungen an der insubrischen Linie an, reichen aber, zumindest im Falle des Toce, bis weit nach Norden in die Alpen hinein.

Die Vorstellungen über die zeitlichen Dimensionen der Talbildung haben sich in den letzten Jahren einerseits erweitert, andererseits ist die klassische

Auffassung von der «Rißzeit als der großen Eiszeit der Alpen» mit ihrer maximalen geomorphologischen Gestaltung, immer noch weit verbreitet: HANTKE (1985) hat in den letzten Jahren darauf hingewiesen, daß die inneralpinen Talfolgen bis ins Oligozän zurückreichend rekonstruiert werden können, sich also gewissermaßen im inneralpinen Bereich tertiäre Talanlagen finden lassen. FINCKH (1978) hat mit der geologischen Interpretation von seismischen Daten aus den insubrischen Seen darauf hingewiesen, daß die Südalpentäler in ihrer Anlage und Tieferlegung als Flußsysteme, bezogen auf die messinisch tiefere Erosionsbasis im Mittelmeer, erklärt werden können. Eine spätere marine Transgression hat aber wiederum die insubrischen Fjorde erreicht, was mit dem marinen Pliozän von Balerna bei Chiasso eindrücklich belegt ist. Diese marinen Tone sind postsedimentär deformiert und eben nicht mehr vollständig ausgeräumt worden, was talgenetisch eine äußerst wichtige Feststellung ist (BECK 1935). Haben wirklich die eiszeitlichen Gletschervorstöße am Alpensüdrand dann nur noch in die Tiefe erodiert, oder ist eben doch die maximale Erosion – größenordnungsmäßig – schon früher erreicht gewesen? – In bezug auf die Talgenese in den Südalpen ist noch eine Frage kaum angegangen worden; es ist jene nach Analogie und eventueller Zeitgleichheit der Talgenesen nördlich und südlich der Alpen. Hier sind bis jetzt nur Vermutungen möglich.

Die spätmolassisch einsetzende Erosion, die energiemäßig durch Heraushebung von Alpen und Vorland gesteuert wurde, hat primär fluviatile Talformen geschaffen, die nachträglich durch die quartären Eisvorstöße überprägt wurden. Komplikationen in diesem Ablauf wären zurückzuführen auf die von HANTKE (1985) postulierten oligozänen und miozänen Gletschervorstöße und auf entgegengesetzte, tropisch-tertiäre Formenrelikte wie sie von BÜDEL & GAREIS (1986) angedeutet worden sind.

Man darf wohl einen forschungsgeschichtlichen Rückblick versöhnlich abschließen und anerkennen, daß natürlicherweise die Vorgänge, die zu den heutigen, z. T. enorm übertiefen Talformen geführt haben, ein breites Spektrum von sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren umfassen: Tektonische, fluviatile und glazigene, erosive und akkumulative Vorgänge, in ihrer Bedeutung zeitlich und örtlich wechselnd sind als Hauptfaktoren zu erkennen (SCHLÜCHTER 1987).

3. Stratigraphie der Talfüllungen

Anhaltspunkte über die zeitlichen Maßstäbe von Talbildungsphasen erhalten wir (a) über eine Kartierung verschiedener Reliefgenerationen und (b) über Verwitterungserscheinungen im weitesten

Sinne sowie (c) über die Stratigraphie von Talverfüllungen. Aus einer Interpretation von Reliefgenerationen und Verwitterungserscheinungen ergeben sich in der Regel nur äußerst relative Abschätzungen. Eine Datierung der Talbildungsphasen über die Stratigraphie der Lockergesteinsfüllungen bleibt in vielen Fällen auch relativ, doch ist der zeitliche Rahmen wenigstens größenordnungsmäßig zuverlässiger gegeben, und der Zusammenhang mit den quartären Vergletscherungszyklen müßte direkt ableitbar sein.

In den letzten 20 Jahren hat sich die Kenntnis der Lockergesteinsfüllungen in den Tälern des nördlichen Alpenvorlandes vervielfacht; namentlich haben die Prospektion auf Grundwasser und Projekte zum Grundwasserschutz Daten für eine verfeinerte und präzisere Lockergesteinsstratigraphie erbracht (z. B. KELLERHALS & TRÖHLER 1976, HALDIMANN 1978, SCHINDLER 1982). Teilweise war es möglich, an Schlüsselstellen zusätzliche Forschungsbohrungen abzuteufen (WELTEN 1982, SCHLÜCHTER 1984, 1986a). Die diesbezüglichen, neuen Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Lockergesteinsfüllungen der Täler im Alpenvorland zeigen eine äußerst komplizierte Lithostratigraphie und sind durch erosive Phasen unterbrochen.
2. Die maximale Ausräumung ist teilweise weit bedeutender, als die heutigen Talläufe vermuten lassen. Talrandliche, z. T. vom letzten Gletschervorstoß überprägte «Terrassenkomplexe» in vielen Abschnitten der heutigen Täler überdecken ein lateral und vertikal weit erodiertes Felsrelief. Wichtig ist auch, daß gerade diese «randlichen Terrassenkomplexe» die stratigraphisch vollständigsten und demzufolge aussagekräftigsten Profile beinhalten.
3. Die Korrelation der Lockergesteinsfüllungen in der heutigen Talrinne mit den Lockergesteinskomplexen des Talrandes (siehe oben) ist bis jetzt nicht befriedigend durchgeführt (HSÜ & KELTS 1984, SCHLÜCHTER 1984). Oft ist sogar der akkumulative Tiefgang der letzten Vergletscherung wegen faziellen Besonderheiten nicht eindeutig erfaßbar – die genetischen Äquivalente der jüngsten Grundmoräne des Talrandes zum Zentrum der (heutigen) Rinne sind nicht immer mit Sicherheit auszumachen (SCHLÜCHTER 1984).

Möglichst vollständige, geochronologisch erfaßbare Lockergesteinsprofile sind demzufolge für regionale, landschaftsgenetische Aussagen notwendig. Ebenso hängt eine Darstellung der Talgenese im Quartär, wie im folgenden gezeigt wird, von den möglichst vollständigen Lockergesteinsprofilen ab; von Profilen also, die weitreichende Aussagen gestatten, wie Meikirch (nördlich von Bern am Friesenberg) und wie Thalgut (südlich von Bern im Aaretal).

3.1 Meikirch

Die Profilfolge von Meikirch ist in der leicht eisdynamisch überprägten, drumlinisierten Mulde von Meikirch erbohrt worden. Diese Profile sind bereits mehrmals beschrieben worden, so daß darauf verwiesen werden kann (WELTEN 1982, SCHLÜCHTER 1982). Für die jetzige Diskussion ist das Profil aus folgenden Gründen wichtig (Fig. 1):

- Lithostratigraphisch läßt sich die Abfolge in zwei genetisch verschiedene Teile gliedern: (a) in den hangenden fluvioglazialen/glazigenen Komplex, der im einzelnen kompliziert aufgebaut ist, aber wahrscheinlich als genetische Einheit (Oszillationen der letzten Vergletscherung) aufzufassen ist, und (b) in die liegende, monotone Abfolge von feinkörnigen Seeablagerungen, die nicht weiter gliederbar sind und die das geochronologisch wichtige Pollenprofil enthalten.
- Das von Max Welten (u. a. 1982) beschriebene Pollenprofil umfaßt zwei Abschnitte mit warmzeitlichem Polleninhalte, die von kaltzeitlichen Sequenzen getrennt bzw. unterlagert werden. Max Welten bezeichnet die obere Warmzeit als Eem, die tieferliegende als Holstein. Im folgenden bezeichnen wir diese Holstein-Warmzeit als «Holstein sensu Welten von Meikirch (H_M)».

Die Profilserie von Meikirch mit der palynostratigraphischen Einstufung war die einzigartige Bezugsabfolge im Mittelland – bis das Thalgutprofil mit einer wissenschaftlichen Kernbohrung erweitert werden konnte.

3.2 Thalgut

Im Frühjahr 1983 ist die wissenschaftliche Kernbohrung CS-SNF-3 in der Kiesgrube Thalgut als Verlängerung der aufgeschlossenen Schichtreihe abgeteuft worden. Es sei im folgenden ebenfalls nur ergänzend zu einer früheren Berichterstattung (SCHLÜCHTER 1986b) zusammengefaßt (vgl. Fig. 1):

- Die aufgeschlossenen letztinterglazialen Seetone (= Eem sensu Welten) trennen glazilimnische und fluvioglaziale/glazigene Sedimentkomplexe.
- Eine tieferliegende (= prae-eemzeitliche) Erosionsdiskordanz, mit bedeutendem zeitlichem Umfang, teilt die aufgeschlossene Serie. Verwitterungsrelikte im unmittelbaren Bereich dieser Diskordanz weisen auf interglaziale Bedingungen und bedeutende zeitliche Dimensionen der Schichtlücke hin.
- Darunter folgen glazilimnische und fluvioglaziale Sedimentkomplexe über feingeschichteten Seeablagerungen. Das Pollenprofil dieser Seeablagerungen enthält, in den tieferen Teilen, eine warmzeitliche Flora mit Abschnitten, die durch *Pterocarya* (bis 8%) und *Fagus* (bis 60% der Baumpollen) charakterisiert sind. Dieser Abschnitt wird im folgenden mit «Holstein sensu Welten mit Pte-

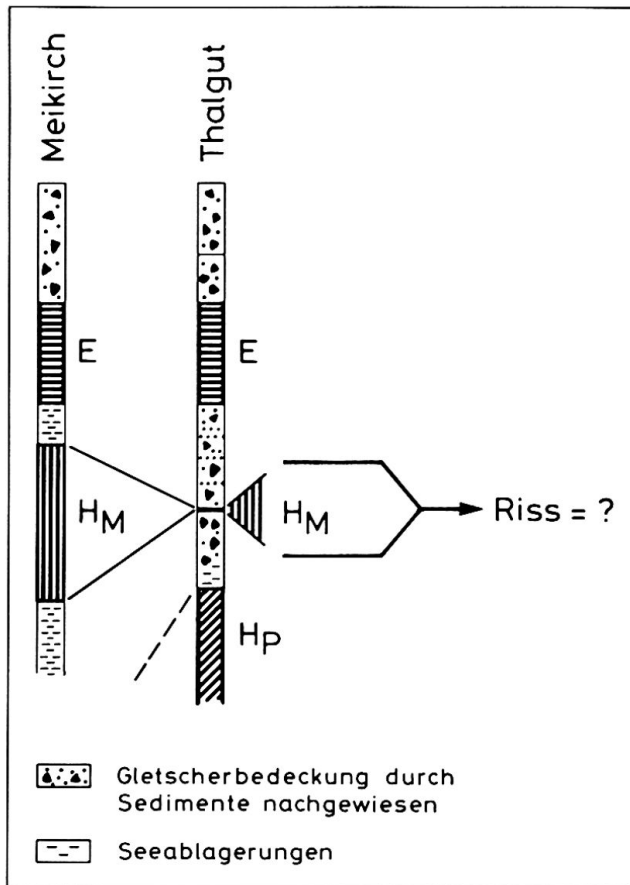


Fig. 1 Schematische Darstellung der geochronologischen Schlüsselprofile von Meikirch und Thalgut mit Korrelationen

Fig. 1 Summarized lithostratigraphy of the reference sections at Meikirch and Thalgut with the most likely correlations

rocarya (H_P)» bezeichnet. Dieses warmzeitliche Pollenprofil ist kaum mit dem « H_M -Profil» von Meikirch zu korrelieren, zumal schon die lithostratigraphische Position im Thalgut für eine tiefere Einstufung spricht.

3.3 Regionale Korrelation

Eine Korrelation der Profile von Thalgut und Meikirch ist dadurch erschwert, daß beide in zwei verschiedenen Vergletscherungssystemen liegen: Meikirch mehrheitlich im Rhonebereich, Thalgut mehrheitlich im Aarebereich. Korrelationen sind also nur aufgrund einwandfrei eingestufter Horizonte möglich. Diese Bedingung trifft für den letztinterglazialen Bezugshorizont (=Eem sensu Welten) zu. In Meikirch ist nun die im Liegenden festgestellte, ältere Warmzeit (H_M) in einem Profil sedimentgenetischer Kontinuität enthalten. Das ist im Thalgut für H_P nicht der Fall, und zudem sind die beiden warmzeitlichen Pollenprofile (also H_M und H_P) vegetationsmäßig schwer vergleichbar. Vom «Fagus-Ptero-

carya-Wald» von H_P müßte, falls gleichzeitig, im H_M ein analoger Einfluß nachweisbar sein. Da dies nicht der Fall ist, wird eine Korrelation, wie in Fig. 1 dargestellt, wahrscheinlicher.

Für unsere Diskussion aber, der Talgenese, sind solche Korrelationsfragen weniger wichtig als die einfache Tatsache, daß bei beiden Lokalitäten mit den Tiefbohrungen (Meikirch = 112 m, Thalgut = 113,5 m + 30 m Aufschluß) der Felsuntergrund noch nicht erreicht worden ist.

3.4 Überregionale Korrelationen

Die Frage stellt sich natürlich, ob im Aarequerschnitt, vom Alpenrand ins Mittelland hinaus, besondere Verhältnisse mit intensiverer quartärer Ablagerung geherrscht haben als im östlich oder westlich anschließenden Alpenvorland. Wohl ist das Thalgutprofil das bisher vollständigste Lockergesteinsprofil, das aus dem nördlichen Alpenvorland der Schweiz bekannt ist, doch sind Hinweise aus Profilen im Seeland (WOHLFARTH 1986 / WELTEN, im Druck) und aus der Ostschweiz mit prä-eemzeitlichen Sedimenten der geochronologischen Klassifikation «Holstein sensu Welten» beschrieben worden (Buchberg in der Linthebene, Uznach und Niederweningen: WELTEN, im Druck). Es handelt sich dabei um Profilabfolgen, die entweder wegen ihrer eindeutigen geomorphologischen Position (Niederweningen) oder wegen des lithostratigraphischen Umfangs mit den Profilen im Bernbiet verglichen werden können.

Was aus dem überregionalen Vergleich zusätzlich hervorgeht, ist die problematische Stellung der «Rißzeit» klassischer Nomenklatur: Der Inhalt dieses Begriffes wird nun neu definiert werden müssen. «Riß» ist nicht mehr als das «große eiszeitliche Ereignis» mit der maximalen Ausräumung unserer Täler (sowohl in die Tiefe als auch lateral) einzustufen. Diese geomorphologisch wichtige Phase ist unmittelbar vor die H_P -Warmzeit des Thalgutprofils zu stellen – oder ist noch wesentlich älter. Die stratigraphische Einstufung der Lockergesteinsfüllungen und damit der maximalen Erosion der Vorlandtäler zeigt also, daß dieses Ereignis um mindestens einen glazigenen Zyklus zeitlich zurückgestuft werden muß.

4. Die mittelpleistozäne Wende

Eine Zusammenfassung unserer Kenntnisse der Gletschervorstöße über den Alpenrand hinaus läßt sich schematisch, wie in Fig. 2 gezeigt, darstellen. Diese Rekonstruktion beruht für den jüngeren Abschnitt auf der Interpretation des Thalgutprofils, insbesondere auf der Annahme, daß im Liegenden

der H_P-warmzeitlichen Seeablagerungen Sedimente eines weiteren Gletschervorstoßes zu erwarten sind oder, anders ausgedrückt, daß wir annehmen, dem tieferliegenden Molasserelief liege eine «Grundmoränendecke» auf, deren spätglaziale Überdeckung dann in die H_P-warmzeitlichen Sedimente überleite. Es ist aber wahrscheinlich richtiger, wenn die Darstellungen in Fig. 2 für das Liegende der H_P-Warmzeit als vorläufig-sinnvolle Interpretation aufgefaßt wird. Sicher ist aber die «Große Eiszeit», also die große Gletscherausdehnung und die dadurch angenommene, bedeutende, glazialmorphologische Überprägung vor die H_P-Warmzeit zu stellen. Es ist aber auch ebenso wahrscheinlich, daß sich die als «Große Eiszeit» bezeichnete Einheit von Fig. 2 in Zukunft als weiter gliederbaren, stratigraphischen Komplex entpuppen wird.

Den langen Lockergesteinsprofilen im Mittelland – stellvertretend für andere durch das Thalgutprofil dokumentiert, weil «vollständig» – seien nun die nächstälteren Lockergesteinsserien gegenübergestellt. Es sind dies die Deckenschotter der Ostschweiz, und zwar nehmen wir hier nur auf die Schweizer Deckenschotter s. str. Bezug, wie sie nördlich von den Lägern bis zum Rhein, westwärts zur Aare und ostwärts ins Schaffhausische vorkommen. Ihr genetischer Zusammenhang mit einem Gletschervorstoß bis in diese Gegend ist nun nachgewiesen (SCHLÜCHTER 1985). Ihre Mehrphasigkeit ist wahrscheinlich, aber noch nicht einwandfrei belegt, wohl aber ihre fazielle Komplexität. Für unsere Diskussion ausschlaggebend ist aber ihre Altersstellung: Die Deckenschotter tragen mächtige, komplexe Verwitterungsdecken bis > 30 m. Bei Mellstorf ist auf den Deckenschottern eine vollständig durchgewitterte Deckschichtenfolge nachgewiesen, die wegen ihrer großen Mächtigkeit von > 30 m einmalig ist und auf bedeutendes Alter schließen läßt. Mit dieser Verwitterungsmächtigkeit werden geologische Zeiträume dokumentiert, die mindestens ins Altpleistozän zurückreichen.

Wenn nun einerseits zu dieser Altersstellung die morphologische Position der Deckenschotter, als Inselberge, mitberücksichtigt wird und andererseits die vorher beschriebenen Profile in den tieferliegenden Talfüllungen gegenübergestellt werden, dann muß auf bedeutende landschaftliche Veränderungen geschlossen werden, welche die beiden Systeme der Deckenschotter und der Talfüllungen trennen. Die Deckenschottertafelberge s.str. nördlich der Lägern sind ein Relikt einer ehemals geschlossenen Landschaft. Deren spätere Durchtalung hat ja nicht nur die Lockergesteinsserien, sondern auch die liegende Molasse und das Mesozoikum erfaßt. Die Talbildungsphasen seit den Deckenschotterschüttungen müssen beträchtlich gewesen sein, und erst nachher – also nach einer maximalen Ausräumungsphase – setze die Verschüttung der tiefen Rinnen und Becken ein.

Zeittl. Stellung	Gletscher N-Alpenrand	Kaltzeiten	Warmzeiten
Holozän			Nacheiszeit
Pleistozän	klassische Eiszeiten	Letzte Eiszeit	
			Eem - Warmzeit
		Vorletzte E.	
			Holstein - W. / „Meikirch“
			Holstein - W. / „Pterocarya“
		Grosse Eiszeit	
		Morphologisches oder tektonisches Ereignis („Morphologische Wende“)	
		Deckenschotter	
Pliozän		Wanderblöcke	

Fig. 2 Schematische Zusammenfassung der Eiszeitstratigraphie für das nördliche Alpenvorland der Schweiz

Fig. 2 Summary-schema of the Quaternary Stratigraphy for the Northern Swiss Alpine Foreland

Wenn wir das Typusgebiet der Schweizer Deckenschotter verlassen, wobei hier auf eine Diskussion über mögliche Äquivalente im Mittelland verzichtet werden kann, dann stellen wir fest, daß das übrige nördliche Alpenvorland mit wenigen, kaum belegbaren Ausnahmen bis zum Beginn der Talverfüllungen im wesentlichen erosiv überprägt wurde. Über lange Zeiträume, bis ins Untere Mittelpleistozän, hat Tiefenerosion vorgeherrscht, die später von der gegenläufigen Tendenz, der überwiegenden Sedimentation, abgelöst wurde. Dieser Wechsel der dominanten geologischen Vorgänge im nördlichen Alpenvorland – von Erosion zu Akkumulation – wird in diesem Zusammenhang als «mittelpleistozäne Wende» bezeichnet. – Im Gebiet der Schweizer Deckenschotter ist diese Wende sicher von einem tektonischen Ereignis begleitet worden, und es ist schwer vorstellbar, daß solche Bewegungen in der Folge nicht das ganze nördliche Alpenvorland beeinflusst hätten. Und die tektonische Komponente an der «mittelpleistozänen Wende» paust sich gewissermaßen bis heute durch, indem Bereiche des Mittellandes, wie das hochgelegene «Plateau vaudois», als Hauptwasserscheide Erosionsgebiet ist und das zentrale Mittelland als Hauptwassersammler Akkumulationstendenz aufweist. Die tertiären Wellenbe-

wegungen von Alpen und Vorland mit den sich dadurch verlagernden Nagelfluhschüttungen scheinen sich, in stark abgeschwächter Form, bis heute fortzusetzen (SCHLÜCHTER 1981), und die Resultate des Präzisionsnivelements (GUBLER 1976) reihen sich in solche, geologisch dokumentierte, Darstellungen ein.

Die Besonderheit der Deckenschotterlandschaft und ihre Bedeutung für talgenetische Fragen sind noch auf einen weiteren Befund zurückzuführen: Diese Landschaft nördlich der Lägern gehört zur tektonischen Einheit der Süddeutschen Groß-Scholle. Damit liegen die Talbildungen im östlichen Mittelland – oder anders gesagt Hebung und Senkung des Ostteils des nördlichen Alpenvorlandes – im Interferenzbereich der Bewegungen von Voralpensenke einerseits und Süddeutscher Groß-Scholle andererseits. So ist auch erklärbar, weshalb die möglichen Äquivalente der Schweizer Deckenschotter s.str. im übrigen Mittelland nicht einen gleichen Landschaftstyp aufbauen müssen.

5. Zusammenfassung

Die vorangehende Standortbestimmung der Kenntnisse über die wesentlichen Aspekte quartärer Talgenese lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die maximale Ausräumung der Haupttäler im nördlichen Alpenvorland ist vor den Zeitbereich der klassischen Eiszeiten zu stellen. Im besonderen kann die maximale Ausräumung nicht mit der «Rißzeit» der herkömmlichen Nomenklatur in Verbindung gebracht werden.

Auf der Alpensüdseite ist die maximale Talraumdung wahrscheinlich noch wesentlich älter.

- Im nördlichen Alpenvorland setzen die Verfüllungen der ausgeräumten Täler offenbar nach einem übergeordneten Prinzip – mit Ausnahme in der Westschweizer Hauptwasserscheide – gemeinsam nach der «mittelpleistozänen Wende» ein.
- Als Steuermechanismus der «mittelpleistozänen Wende» sind tektonische Bewegungen wahrscheinlicher als ein blosser Wechsel im dynamischen Verhalten der vorstoßenden Gletscher.
- Die post-Deckenschotter-Durchtalung und die Herausbildung einer einmaligen Landschaft nördlich der Lägern ist wahrscheinlich durch die Interferenz der Dynamik von Süddeutscher Groß-Scholle und nordalpiner Vorlandsenke gesteuert.
- Die Formung der heute zum größten Teil verfüllten, übertieften Talabschnitte im Alpenvorland und am Alpenrand ist wohl vorwiegend glazigen. Ob aber die Tieferlegung der Talläufe ebenfalls glazigen Ursprungs ist, darf nach den mit der

Zürichseebohrung erbohrten basalen Lockergesteinen erneut bezweifelt werden (HSÜ & KELTS 1984).

6. Verdankung

Für die Unterstützung bei der Untersuchung der Deckenschotter gebührt dem Büro Dr. J. F. Schneider & Dr. F. Matousek in Baden verbindlicher Dank.

Wesentliche Untersuchungen, die für diese Mitteilung notwendigen Resultate erbracht haben, sind durch den Schweiz. Nationalfonds mit den Krediten Nr. 2.698-0.80 und Nr. 2.093-0.83 unterstützt worden. Dafür sei hiermit nochmals in aller Form gedankt.

Literaturverzeichnis

- BECK, P. (1935): Über das Pliozän und Quartär am Alpensüdrand zwischen Sesia und Iseosee. *Eclogae geol. Helv.* 28/2: 528–532.
- BÜDEL, J. & GAREIS, J. (1986): Das präquartäre Relief alpiner Tieflagen. *Die Erde*, 117: 271–284.
- Eiszeitalter und Gegenwart (1979): Beiträge zum Edith-Ebers-Gedenksymposium. «Glaziale Übertiefung», Bd. 29, Hannover.
- FINCKH, P. (1976): Wärmeflußmessungen in Randalpenseen. – *Mitt. Geol. Inst. ETH u. Univ. Zürich*, N. F. 216 (= ETH Diss. Nr. 5787, 104 S., Zürich).
- FINCKH, P. (1978): Are Southern Alpine Lakes former Messinian Canyons? Geophysical evidence for preglacial erosion in the Southern Alpine Lakes. *Marine Geology*, 27: 289–302, Amsterdam.
- GOGARTEN, E. (1910): Über alpine Randseen und Erosionsterrassen, im besonderen des Linthtales. Diss. Univ. Zürich, 80 S., Gotha.
- GUBLER, E. (1976): Beitrag des Landesnivelements zur Bestimmung vertikaler Krustenbewegungen in der Gotthard-Region. In: *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.*, 56: 675–678, Zürich.
- HALDIMANN, P. (1978): Quartärgeologische Entwicklung des mittleren Glattals. In: *Eclogae geol. Helv.* 71/2: 347–357, Basel (Birkhäuser).
- HANTKE, R. (1985): Zur Relief-, Tal- und Klimageschichte der zentralen und östlichen Schweizeralpen. In: *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 130/1: 92–114 und 130/2: 144–156.
- HEIM, A. (1919): *Geologie der Schweiz* (Bd. 1), Leipzig (Tauchnitz).
- HSÜ, K. J. & KELTS, K. R. (Hrsg.) (1984): Quaternary Geology of Lake Zürich: an interdisciplinary investigation by deep-lake drilling. *Contr. to Sedimentology* 13.

- KELLERHALS, P. & TRÖHLER, B. (1976): Hydrogeologie Seeland. Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung. Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kt. Bern.
- RÜTIMEYER, L. (1869): Über Thal- und See-Bildung, 144 S., Basel.
- SCHINDLER, C. (1982): Baugrunderk. Schaffhausen 1:10 000. Beitr. geol. Karte Schweiz, geotech. Serie, Kl. Mitt. 73.
- SCHLÜCHTER, Ch. (1979): Übertiefte Talabschnitte im Berner Mittelland zwischen Alpen und Jura (Schweiz). In: Eiszeitalter und Gegenwart, 29: 101–113, Hannover.
- SCHLÜCHTER, Ch. (1981): Remarks on the Pleistocene morphogenetic evolution of the Swiss Plain. Z. Geomorph. N. F., Suppl.-Bd. 40: 61–66, Berlin/Stuttgart.
- SCHLÜCHTER, Ch. (1982): Die lithostratigraphische Gliederung der Ablagerungen seit der letzten Zwischeneiszeit. In: Geogr. Helv. 1982/2: 85–92, Bern.
- SCHLÜCHTER, Ch. (1983): Die Bedeutung der angewandten Quartärgeologie für die eiszeitgeologische Forschung in der Schweiz. Phys. Geographie, II: 59–72 Zürich (Universität).
- SCHLÜCHTER, Ch. (1984): Die wissenschaftliche Kernbohrung im Aaretal bei Kiesen, Kt. Bern. Diss. Bot. 72 (Festschrift Welten): 255–273, Braunschweig.
- SCHLÜCHTER, Ch. (1985): Guidebook to the Excursions of Oct. 16 and 17, 1985 on "Quaternary Reference Sections in the Eastern and Central Alpine Foreland of Switzerland"; 88. S. INQUA-Subcommission on European Quaternary Stratigraphy, Zürich (ETH).
- SCHLÜCHTER, Ch. (1986a): The Quaternary Glaciations of Switzerland, with special reference to the Northern Alpine Foreland. Quaternary Science Reviews, Vol. 5 (1–4): 413–419, Oxford (Pergamon).
- SCHLÜCHTER, Ch. (1986b): Chronostratigraphy of the most complete Quaternary section in the Circumalpine Area. In: Hurford, A. J., Jäger, E. & Ten Cate, J. A. M. (Hrsg.): Dating Young Sediments, CCOP-Technical Publication 16: 22–35, Bangkok.
- SCHLÜCHTER, Ch. (1987): Overdeepened basins in the Swiss Alpine Forelands – some facts and thoughts. IPPCCE-Newsletter No. 4 (Edited by S. Horie): 24–25, Kyoto (University).
- Schweiz. Bauzeitung (1908): Monatsausweise und Berichte über die Arbeiten am Lötschbergtunnel. LII/5: 66, LII/6: 81, LII/8: 110, Zürich.
- WELTEN, M. (1982): Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 156. Lfg., Bern.
- WELTEN, M. (im Druck): Neue pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär der nordalpinen Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän). Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F.
- WILDI, W. (1984): Isohypsenkarte der quartären Felstäler in der Nord- und Ostschweiz, mit kurzen Erläuterungen. In: Eclogae geol. Helv., 77/3: 541–551, Basel.
- WOHLFARTH, B. (1986): Das jüngere Quartär im Westschweizer Seeland. Diss. Univ. Köln, Manuskript 162 S., Bern.